

TELEFON: 0711/784731    TELEFAX: 0711/7800995/96  
KOHLER SCHMID + P. RUPPMANNSTR. 27 D-70565 STUTTGART

# KOHLER SCHMID + PARTNER

PATENTANWÄLTE

25 807 SI/nu

Trumpf Werkzeugmaschinen

GmbH + Co. KG

Johann-Maus-Straße 2

71254 Ditzingen

## Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Schenkellänge an einem Biegeteil sowie Biegeverfahren und -vorrichtung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Schenkellänge wenigstens eines von zwei mittels eines Biegewerkzeugs unter einem Biegewinkel gegeneinander gebogener Schenkel an einem Biegeteil, wobei ein Biegewinkelscheitel im Schnittpunkt geradliniger und den Biegewinkel einschließender Verlaufsrichtungen der Schenkel des Biegeteils liegt und ein Schenkelseite des betreffenden Schenkels diesen an der von dem Biegewinkelscheitel abliegenden Seite begrenzt. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren und eine Vorrich-

tung zum Biegen von Werkstücken, im Falle derer von dem vorstehenden Verfahren bzw. von der vorstehenden Vorrichtung zur Bestimmung der Schenkellänge an einem Biegeteil Gebrauch gemacht wird.

Neben dem Biegewinkel bildet die Schenkellänge das wichtigste Funktionsmaß eines Biegeteils. Derzeit üblich ist es, die Schenkellänge an einem mittels einer Biegemaschine erstellten Biegeteil nach dessen Entnahme aus der Biegemaschine manuell zu bestimmen. Die Genauigkeit der Schenkellängenbestimmung wird dabei insbesondere durch den Umstand beeinträchtigt, dass die zu vermessenden Schenkel des Biegeteils an der Biegelinie nicht ideal geradlinig aneinanderstoßen sondern vielmehr mit einem Radius ineinander übergehen. Der Biegewinkelscheitel als einer der Endpunkte eines Biegeteilschenkels und als Schnittpunkt der geradlinigen Verläufe beider Biegeteilschenkel ist daher nicht real existent. Folglich kann der Biegewinkelscheitel bei der Bestimmung einer Schenkellänge an einem Biegeteil beispielsweise nicht unmittelbar angetastet werden. Besondere und nur unter Einsatz aufwändiger Messtechnik zu bewältigende Schwierigkeiten treten im Falle von offenen Biegewinkeln, d.h. von Biegewinkeln über  $90^\circ$ , auf.

Eine automatisierte und möglichst genaue Ermittlung von Schenkellängen an Biegeteilen insbesondere im Interesse einer Optimierung der biegenden Werkstückbearbeitung zu ermöglichen, hat sich die vorliegende Erfindung zum Ziel gesetzt.

Erfindungsgemäß gelöst wird diese Aufgabe durch die Verfahren gemäß den Patentansprüchen 1 und 6 sowie durch die Vorrichtungen gemäß den Patentansprüchen 8 und 18.

Demnach verbleibt das zu vermessende Biegeteil im Falle der Erfindung in dem Biegewerkzeug, wo es definiert angeordnet ist. Die betreffende Schenkellänge wird im Interesse einer möglichst genauen Bestimmung nicht unmittelbar sondern über die Lage des Biegewinkelscheitels und die Lage des Schenkeldes ermittelt. Als Lage des Biegewinkelscheitels wird dabei die Lage des in der Praxis üblicherweise nicht real existierenden Schnittpunktes der geradlinigen Verläufe der aneinanderstoßenden Biegeteilschenkel berücksichtigt.

Besondere Ausführungsarten des Verfahrens nach Patentanspruch 1 sind in den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 5, eine besondere Ausführungsart des Verfahrens nach Patentanspruch 6 ist in dem abhängigen Patentanspruch 7 beschrieben. Besondere Ausführungsarten der Vorrichtung nach Patentanspruch 8 ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen 9 bis 17, besondere Ausfüh-

rungsarten der Vorrichtung nach Patentanspruch 18 aus den abhängigen Patentansprüchen 19 bis 24.

Gemäß Patentanspruch 2 wird das zu vermessende Biegeteil zur definierten Anordnung in dem Biegewerkzeug gehalten. Vorrichtungsbezogen umgesetzt wird dieses Verfahrensmerkmal durch die Haltevorrichtung gemäß Patentanspruch 9. In bevorzugter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Biegevorrichtung dient als Haltevorrichtung zur definierten Anordnung des Biegeteils in dem Biegewerkzeug das Biegewerkzeug selbst (Patentanspruch 19).

Die Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels erfolgt in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung unter Ermittlung des Biegewinkels (Patentansprüche 3, 10). Zur Ermittlung des Biegewinkels bestehen dabei verschiedene Möglichkeiten. Beispielsweise kann der Biegewinkel gemessen werden. Alternativ kann der Biegewinkel aber auch nach einer sogenannten, in einer Vorrichtungssteuerung zu hinterlegenden "Biegeformel" berechnet werden. Die Biegeformel beschreibt den Biegewinkel als Funktion von werkstück- und werkzeugbezogenen Parametern.

Im Falle der in Patentanspruch 4 beschriebenen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Schenkellängenbestimmung wird das zu vermessende Biegeteil an einer Anlage abgestützt und die Lage des Biegewinkelscheitels anhand der Lage der Abstützung des Biegeteils an der Anlage bestimmt. Ebenso wie der Biegewin-

kel stellt auch die Lage der Abstützung des Biegeteils an der betreffenden Anlage eine mit der erforderlichen Genauigkeit und mit herkömmlichen Mitteln bereitzustellende Grundlage für die Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels dar. Entsprechend sind an der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Patentanspruch 11 eine mit der Auswerteeinrichtung in Verbindung stehende Rechneinheit sowie eine Anlage für das Biegeteil vorgesehen, an welcher das Biegeteil bei der Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels abgestützt ist. Die Rechneinheit dient dazu, anhand der Lage der Abstützung des Biegeteils an der Anlage die Lage des Biegewinkelscheitels zu ermitteln. In bevorzugter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Biegevorrichtung dient gemäß Patentanspruch 20 das Biegewerkzeug als Anlage zur Abstützung des Biegeteils bei der Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels.

Gemäß den Patentansprüchen 5, 12 und 17 werden im Falle der Erfindung der Biegewinkel und/oder die Lage des Schenkeldes vorzugsweise berührungslos, insbesondere optisch bestimmt. Zu diesem Zweck denkbar ist beispielsweise die Anwendung des Lichtschnittverfahrens bzw. der Einsatz von Vorrichtungen zur Durchführung des Lichtschnittverfahrens. Alternativ oder ergänzend können aber auch taktile Verfahren bzw. Systeme zum Einsatz kommen. So ist etwa im Falle der in Patentanspruch 14 beschriebenen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Schenkellängenbestimmung als Erfassungseinheit zur Erfas-

sung der Lage des Schenkelendes eine Tasteinrichtung vorgesehen, die an das Schenkelende anlegbar ist. Gemäß Patentanspruch 15 kann diese Tasteinrichtung mit dem Schenkelende bei dessen Bewegung während des Biegevorgangs bewegbar sein. Insbesondere kann als Tasteinrichtung ein Positionieranschlag für das zu biegende Werkstück genutzt werden (Patentanspruch 16). Entsprechend ist an der erfindungsgemäßen Biegevorrichtung gemäß Patentanspruch 21 als Tasteinrichtung der Erfassungseinheit zur Erfassung der Lage des Schenkelendes ein Positionieranschlag der Biegevorrichtung vorgesehen, an welchem das Werkstück vor der Bearbeitung zur Positionierung gegenüber dem Biegewerkzeug anlegbar ist. Im Falle der Erfindungsbauart nach Patentanspruch 22 wird ein derartiger Positionieranschlag zur wenigstens teilweisen Lagerung einer berührungslosen, insbesondere optischen Erfassungseinheit zur Erfassung der Lage des Schenkelendes verwendet. Ausweislich Patentanspruch 23 ist der Positionieranschlag in Weiterbildung der erfindungsgemäßen Biegevorrichtung gesteuert bewegbar.

Gemäß den Patentansprüchen 7 und 24 wird sowohl im Rahmen des erfindungsgemäßen Biegeverfahrens als auch an der erfindungsgemäßen Biegevorrichtung ein als Ergebnis der Bestimmung der Schenkellänge eines Schenkels erhaltener Schenkellängen-Istwert mit einem Schenkellängen-Sollwert verglichen und anhand des Ergebnisses dieses Ist-/Sollwert-Vergleichs wenigstens ein für die Schenkellänge maßgebender Parameter zumindest eines nach-

folgenden Biegevorgangs definiert. Als zu definierender Parameter in Frage kommt beispielsweise der Abstand, mit welchem Positionieranschlge für das zu biegende Werkstück gegenüber der von dem Biegewerkzeug definierten Biegelinie einzustellen sind. Als nachfolgende Biegevorgnge sind sowohl Biegevorgnge an anderen Werkstücken als auch Biegevorgnge an dem selben Werkstück denkbar, an welchem zuvor die Schenkellänge als Grundlage für die nachfolgende Parameterdefinition bestimmt worden ist. Erfindungsgemäß besteht insbesondere die Möglichkeit, an Biegeteilen mit mehrfachen Abkantungen die Parameter der einzelnen Biegevorgnge auf der Grundlage des jeweils vorausgehenden Schenkellängen-Ist-/Sollwert-Vergleichs derart aufeinander abgestimmt zu definieren, dass die für das Biegeteil vorgegebene Fertigungstoleranz von den einzelnen Schenkellängen in Summe eingehalten wird.

Nachstehend wird die Erfindung anhand schematischer Darstellungen zu einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1        eine CNC-gesteuerte Biegemaschine mit Gesenkbiege-  
werkzeug und Hinteranschlagsystem in der stark  
schematisierten Seitenansicht,

Figur 2        das Hinteranschlagsystem der Biegemaschine gemäß  
Figur 1 in Einzeldarstellung,

Figur 3        die Verhältnisse an dem Gesenkbiegewerkzeug der Biegemaschine gemäß Figur 1 in Einzeldarstellung und

Figur 4        eine stark schematisierte Darstellung eines Teiles der CNC-Steuerung der Biegemaschine gemäß Figur 1.

Gemäß Figur 1 besitzt eine Biegemaschine 1 für die Blechbearbeitung ein Maschinengestell 2, an dem ein Pressbalken 3 heb- und senkbar geführt ist. Zum Antrieb des Pressbalkens 3 dient ein hydraulischer Pressbalkenantrieb 4.

An dem Pressbalken 3 gehalten ist ein Oberwerkzeug 5 eines Biegewerkzeuges in Form eines Gesenkbiegewerkzeuges 6. Dem Oberwerkzeug 5 zugeordnet ist ein Unterwerkzeug 7, das auf einem Maschinentisch 8 gelagert ist.

Eine andeutungsweise erkennbare taktile Biegewinkelsensorik 9 ist in das Oberwerkzeug 5 des Gesenkbiegewerkzeuges 6 integriert. Die Biegewinkelsensorik 9 entspricht in Aufbau und Funktionsweise der in EP 0 775 028 B1 beschriebenen Vorrichtung.



Auf der von der Bedienerseite der Biegemaschine 1 abgewandten Seite des Gesenkbiegewerkzeuges 6 ist ein Hinteranschlagsystem 10 untergebracht. Gegenüberliegend ist eine Maschinensteuerung in Form einer CNC-Steuerung 11 vorgesehen.

In dem dargestellten Betriebszustand ist ein Abkantvorgang abgeschlossen. Bei diesem Abkantvorgang erstellt wurde ein Biegeteil 12 mit Schenkeln 13, 14. Ausweislich Figur 1 wird das Biegeteil 12 zwischen dem Oberwerkzeug 5 und dem Unterwerkzeug 7 mit definierter Ausrichtung gehalten.

Wie im Einzelnen Figur 2 entnommen werden kann, umfasst das Hinteranschlagsystem 10 zwei Hinteranschlätze 15, 16. Dabei weist der Hinteranschlag 15 einen Anschlagfinger 17, der Hinteranschlag 16 einen Anschlagfinger 18 auf. Die Anschlagfinger 17, 18 bilden Positionieranschlätze für den abzukantenden ebenen Blechzuschnitt und sind unabhängig voneinander jeweils in den drei Richtungen des Raumes verfahrbar. Die Bewegungssteuerung der Anschlagfinger 17, 18 erfolgt mittels der CNC-Steuerung 11. Unterhalb einer Werkstückanlage 19 ist an dem Anschlagfinger 17 eine Kamera 20 angebracht. Entsprechend ist der Anschlagfinger 18 unterhalb einer Werkstückanlage 21 mit einer Kamera 22 versehen. Die Richtungen der von den Anschlagfingern 17, 18 ausführbaren Bewegungen sind in Figur 2 durch Pfeile veranschaulicht.

Gemäß Figur 3 herrschen an dem Gesenkbiegewerkzeug 6 symmetrische Verhältnisse bezüglich einer Winkelhalbierenden 23 einer Gesenknut 24 des Unterwerkzeuges 7. Die Winkelhalbierende 23 der Gesenknut 24 fällt zusammen mit der Winkelhalbierenden eines Biegewinkels  $\beta$ , der von den Schenkeln 13, 14 des Biegeteils 12 eingeschlossen wird. Zwischen der Winkelhalbierenden 23 und den Schenkeln 13, 14 des Biegeteils 12 liegt dementsprechend jeweils ein Winkel der Größe  $\beta/2$ . An seiner Oberseite wird das Biegeteil 12 von dem Oberwerkzeug 5 mit einer Oberwerkzeugspitze 25 an einer Biegelinie 26 beaufschlagt. Mit seiner Unterseite ist das Biegeteil 12 an Flanken 27, 28 der Gesenknut 24 abgestützt, die somit eine Anlage für das Biegeteil 12 bilden. Die Punkte bzw. Linien der Abstützung des Biegeteils 12 an den Flanken 27, 28 der Gesenknut 24 sind in Figur 3 mit A1 und A2 bezeichnet.

Wie in Figur 3 deutlich zu erkennen ist, stoßen die Schenkel 13, 14 des Biegeteils 12 nicht mit ideal geradlinigem Verlauf aneinander sondern gehen vielmehr mit einem Radius ineinander über. Eine geradlinige Verlaufsrichtung 29 des Schenkels 13 und eine geradlinige Verlaufsrichtung 30 des Schenkels 14 schneiden sich in einem Biegewinkelscheitel S, der in Richtung der Winkelhalbierenden 23 unterhalb des Biegeteils 12 liegt. Eine Schenkellänge b des Schenkels 13 erstreckt sich zwischen dem Biegewinkelscheitel S und einem Schenkelende E.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist in Figur 3 die in das Oberwerkzeug 5 des Gesenkbiegewerkzeuges 6 integrierte taktile Biege winkelsensorik 9 nicht dargestellt. In bekannter Weise umfasst die Biege winkelsensorik 9 zwei Tastscheiben mit unterschiedlichem Durchmesser, die in ihrer Funktionsstellung symmetrisch bezüglich der Winkelhalbierenden 23 angeordnet sind und jeweils an beiden Schenkeln 13, 14 des Biegeteils 12 anliegen. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Biege winkelsensorik 9 ist ein Auswerterechner, der anhand der Differenz der Radien der beiden Tastscheiben sowie anhand des Abstandes der Tastscheibenmittelpunkte in Richtung der Winkelhalbierenden 23 den Biege winkel  $\beta$  bestimmt. Bei der Biege winkelsensorik 9 handelt es sich somit um eine Vorrichtung zur Ermittlung des Biege winkels  $\beta$ .

Gemäß Figur 4 ist die Biege winkelsensorik 9 Teil einer Vorrichtung 31 zur Bestimmung der Lage des Biege winkelscheitels S. Verbunden ist die Biege winkelsensorik 9 dabei mit einer Rechereinheit 32 die ihrerseits Zugriff hat auf einen Speicher 33, in welchem der Verlauf der Winkelhalbierenden 23 der Gesenknut 24 an dem Unterwerkzeug 7 sowie die Lage der Abstützpunkte A1, A2 an den Flanken 27, 28 der Gesenknut 24 in Abhängigkeit von dem Biege winkel  $\beta$  hinterlegt sind. Insofern bilden auch die Flanken 27, 28 der Gesenknut 24 einen Teil der Vorrichtung 31 zur Bestimmung der Lage des Biege winkelscheitels S.

Anhand des mittels der Biegewinkelsensorik 9 ermittelten Biegewinkels  $\beta$  bestimmt die Rechneinheit 32 den Winkel  $\beta/2$ , unter welchem sich die geradlinige Verlaufsrichtung 29 des Schenkels 13 des Biegeteils 12 gegenüber der Winkelhalbierenden 23 der Gesenknut 24 erstreckt. Aus dem Winkel  $\beta/2$ , der Lage von A1 sowie dem Verlauf der Winkelhalbierenden 23 ermittelt die Rechneinheit 32 schließlich die Lage des Biegewinkelscheitels S als Schnittpunkt einer die Flanke 27 der Gesenknut 24 in A1 tangierenden und unter dem Winkel  $\beta/2$  gegenüber der Winkelhalbierenden 23 verlaufenden Geraden mit der Winkelhalbierenden 23.

Eine in Figur 4 ebenfalls dargestellte Vorrichtung 34 zu Bestimmung der Lage des Schenkelendes E umfasst den Hinteranschlag 15 des Hinteranschlagsystems 10 sowie die an dem Anschlagfinger 17 des Hinteranschlages 15 angebrachte Kamera 20. Diese bildet eine Erfassungseinheit zur Erfassung der Lage des Schenkelendes E. Das von der Kamera 20 aufgenommene Bild des Schenkelendes E wird in Form von Signalen einer Rechneinheit 35 übermittelt. Ebenfalls mit der Rechneinheit 35 verbunden ist der Hinteranschlag 15, im Einzelnen dessen Bewegungssteuerung. Nachdem die Kamera 20 an dem Anschlagfinger 17 eine definierte Position einnimmt, ist über die Lage des Anschlagfingers 17 die Lage der Kamera 20 bestimmt. Aus der so gewonnenen Lageinformation sowie den von der Kamera 20 stammenden Signalen bestimmt die Rechneinheit 35 die Lage des Schenkelendes E.

Die Nutzung des Anschlagfingers 17 zur Halterung der Kamera 20 empfiehlt sich insbesondere aufgrund des Umstandes, dass der Anschlagfinger 17 zu dem Zeitpunkt, zu welchem die Lage des Schenkelendes E zu bestimmen ist, außer Funktion und somit frei verfügbar ist. Genutzt wird der Anschlagfinger 17, im Einzelnen dessen Werkstückanlage 19, lediglich zu Beginn des Biegevorgangs. Zu diesem Zeitpunkt wird der ebene Blechzuschnitt, aus welchem ein Biegeteil zu erstellen ist, zur Positionierung gegenüber dem Gesenkbiegewerkzeug 6 an der Werkstückanlage 19, unter Umständen auch an der Werkstückanlage 21 des Anschlagfingers 18 angelegt. Mittels der als Positionieranschlüge dienenden Anschlagfinger 17, 18 wird der spätere Verlauf der Biegelinie an dem Biegeteil definiert. Während des Abkantvorgangs und danach ist der anfänglich ebene Blechzuschnitt von den Anschlagfingern 17, 18 abgehoben. Etwa der bei einem derartigen Abkantvorgang unter anderem erstellte Schenkel 14 des Biegeteils 12 liegt mit Abstand oberhalb der Anschlagfinger 17, 18. Letztere sind folglich nach Beginn des Abkantvorganges frei verfahrbar. Aufgrund ihrer dreiachsigen Beweglichkeit können die Anschlagfinger 17, 18 jede beliebige Position im Raum einnehmen und somit die Kamera 20 in jede gewünschte Position überführen. Insbesondere ist es möglich, die Kamera 20 derart auszurichten, dass ihre Blickrichtung etwa zur Vermeidung von Parallaxenfehlern senkrecht zu dem Schenkelende E verläuft. Ergänzend oder alternativ zu der Kamera 20 kann auch die Kamera 22 an dem Hinteranschlag 16 als Erfassungseinheit zur optischen

Erfassung der Lage des Schenkelendes E dienen. Die Rechneinheit 35 hat dann (auch) auf die Bewegungssteuerung des Hinteranschlages 16 Zugriff.

Aus der mittels der Vorrichtung 31 bestimmten Lage des Biegewinkelscheitels S sowie aus der mittels der Vorrichtung 34 ermittelten Lage des Schenkelendes E wird in einer Auswerteeinrichtung 36 durch vektorielle Distanzbestimmung die Schenkellänge  $b$  als Strecke zwischen dem Biegewinkelscheitel S und dem Schenkelende E berechnet. Der so bestimmte Schenkellängen-Istwert wird in einer Vergleichseinheit 37 mit einem dort hinterlegten Schenkellängen-Sollwert verglichen. Weicht der Schenkellängen-Ist- von dem Schenkellängen-Sollwert ab, so wird diese Abweichung durch eine Korrekturereinheit 38 verarbeitet. In dem gezeigten Beispielsfall wird mittels der Korrekturereinheit 38 ein Stellantrieb 39 des Hinteranschlagsystems 10 angesteuert.

Sollen etwa nacheinander Abkantungen an verschiedenen Blechen aber mit gleichem Schenkellängen-Sollwert erstellt werden und ist die bestimmte Schenkellänge  $b$  kleiner als dieser Schenkellängen-Sollwert, so wird durch entsprechende Ansteuerung des Stellantriebes 39 das Hinteranschlagsystem 10 um einen in der Korrekturereinheit 38 ermittelten Betrag gegenüber dem Gesenkbiegewerkzeug 6 zurückverfahren. Sind an ein und demselben Blech mehrere Abkantungen zu erstellen, so kann beispielsweise eine an der ersten Abkantung festgestellte Abweichung des Schenkel-

längen-Istwertes von dem Schenkellängen-Sollwert bei der Einstellung des Hinteranschlagsystems 10 für den zweiten Biegevorgang berücksichtigt werden. Auf diese Art und Weise kann automatisiert dafür gesorgt werden, dass die erstellten Abkantungen in Summe die vorgegebene Toleranz einhalten.

Im Übrigen können an der Biegemaschine 1 die Lage des Biege winkelschenkels S und die Lage des Schenkelendes E auch abweichend von dem vorstehend Beschriebenen bestimmt werden.

So lässt sich etwa der Biege winkel  $\beta$  auch mittels der in der CNC-Steuerung 11 hinterlegten Biegeformel berechnen. Diese Biegeformel beschreibt den Biege winkel  $\beta$  als Funktion der Geometrie von Oberwerkzeug 6 und Unterwerkzeug 7, der Materialfestigkeit, der Dicke des zu verformenden Bleches und der Eindringtiefe des Oberwerkzeugs 5 an dem Unterwerkzeug 7. Außerdem können zur Ermittlung des Biege winkels  $\beta$  anstelle der taktilen Biege winkelsensorik 9 auch berührungslose optische Systeme eingesetzt werden. Denkbar ist es, zu diesem Zweck zumindest eine der Kameras 20, 22 an dem Hinteranschlagsystem 10 einzusetzen. Entsprechend lässt sich die Lage des Schenkelendes E mit taktilen Einrichtungen bestimmen. Beispielsweise kann wenigstens einer der Anschlagfinger 17, 18 an dem Schenkelende E anliegend diesem während des Abkantvorganges folgen. Durch die Lage des oder der Anschlagfinger 17, 18 ist die von dem Schenkelende E eingenommene Position definiert. Schließlich besteht eine Mög-

lichkeit zur Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels S und/oder zur Bestimmung der Lage des Schenkelendes E in der Anwendung des sogenannten Lichtschnittverfahrens. Beschrieben ist das Lichtschnittverfahren sowie dessen technische Umsetzung beispielsweise in DE 43 12 565 A1. Wenigstens eine der Kameras 20, 22 des Hinteranschlagsystems 10 kann dabei unter dem sogenannten Triangulationswinkel angeordnet werden und eine an dem Biegeteil 12 erzeugte Lichtspur detektieren.

Außer zur Korrektur nachfolgender Bearbeitungsvorgänge kann die Bestimmung der Schenkellänge b auch dazu dienen, das erstellte Biegeteil 12 auf Abweichungen von seiner dreidimensionalen Soll-Gestalt zu überprüfen. So kann etwa bei größeren Abkantlängen die Schenkellänge b an mehreren Stellen entlang der Biegelinie 26 ermittelt werden. Auch denkbar ist eine Überprüfung der Winkeligkeit des Biegeteils 12. Die ermittelten Messdaten lassen sich in jedem Fall automatisiert protokollieren. Die Auswirkungen der von der Korrekturereinheit 38 vorgegebenen Korrekturen können bei Bedarf visualisiert werden.



### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Schenkellänge (b) wenigstens eines von zwei mittels eines Biegewerkzeugs (6) unter einem Biegewinkel ( $\beta$ ) gegeneinander gebogener Schenkel (13, 14) an einem Biegeteil (12), wobei ein Biegewinkelscheitel (S) im Schnittpunkt geradliniger und den Biegewinkel ( $\beta$ ) einschließender Verlaufsrichtungen (29, 30) der Schenkel (13, 14) des Biegeteils (12) liegt und ein Schenkelende (E) des betreffenden Schenkels (13, 14) diesen an der von dem Biegewinkelscheitel (S) abliegenden Seite begrenzt, dadurch gekennzeichnet, dass bei in dem Biegewerkzeug (6) definiert angeordnetem Biegeteil (12) die Lage des Biegewinkelscheitels (S) sowie die Lage des Schenkelendes (E) des betreffenden Schenkels (13, 14) bestimmt werden und dass aus der bestimmten Lage des Biegewinkelscheitels (S) und aus der bestimmten Lage des Schenkelendes (E) die Schenkellänge (b) als Strecke zwischen dem Biegewinkelscheitel (S) und dem Schenkelende (E) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Biegeteil (12) zur definierten Anordnung in dem Biegewerkzeug (6) gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des Biegewinkelscheitels (S) unter Ermittlung des Biegewinkels ( $\beta$ ) bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Biegeteil (12) bei der Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S) an einer Anlage (27, 28) abgestützt ist und dass die Lage des Biegewinkelscheitels (S) anhand der Lage der Abstützung des Biegeteils (12) an der Anlage (27, 28) bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Biegewinkel ( $\beta$ ) zur Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S) berührungslos, insbesondere optisch gemessen und/oder dass die Lage des Schenkeldes (E) berührungslos, insbesondere optisch bestimmt wird.

6. Verfahren zum Biegen von Werkstücken, insbesondere von Blechen, wobei an dem Werkstück mittels eines Biegewerkzeuges (6) wenigstens zwei Schenkel (13, 14) zur Erstellung eines Biegeteils (12) unter einem Biegewinkel ( $\beta$ ) gegeneinander gebogen werden und die Schenkellänge (b) wenigstens eines der Schenkel (13, 14) des Biegeteils (12) bestimmt wird, wobei ein Biegewinkelscheitel (S) im Schnittpunkt geradliniger und den Biegewin-

kel ( $\beta$ ) einschließender Verlaufsrichtungen (29, 30) der Schenkel (13, 14) des Biegeteils (12) liegt und ein Schenkelende (E) des betreffenden Schenkels (13, 14) diesen an der von dem Biegewinkelscheitel (S) abliegenden Seite begrenzt, dadurch gekennzeichnet, dass die Schenkellänge (b) wenigstens eines der Schenkel (13, 14) des Biegeteils (12) nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein als Ergebnis der Bestimmung der Schenkellänge (b) eines Schenkels (13, 14) erhaltener Schenkellängen-Istwert mit einem Schenkellängen-Sollwert verglichen wird und dass anhand des Ergebnisses dieses Ist-/Sollwert-Vergleichs wenigstens ein für die Schenkellänge (b) maßgebender Parameter zumindest eines nachfolgenden Biegevorgangs definiert wird.

8. Vorrichtung zur Bestimmung der Schenkellänge (b) wenigstens eines von zwei mittels eines Biegewerkzeugs (6) unter einem Biegewinkel ( $\beta$ ) gegeneinander gebogener Schenkel (13, 14) an einem Biegeteil (12), wobei ein Biegewinkelscheitel (S) im Schnittpunkt geradliniger und den Biegewinkel ( $\beta$ ) einschließender Verlaufsrichtungen (29, 30) der Schenkel (13, 14) des Biegeteils (12) liegt und ein Schenkelende (E) des betreffenden Schenkels (13, 14) diesen an der von dem Biegewinkelscheitel

(S) abliegenden Seite begrenzt, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung (31) zur Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S), durch eine Vorrichtung (34) zur Bestimmung der Lage des Schenkelendes (E) sowie durch eine Auswerteeinrichtung (36), wobei mittels der genannten Vorrichtungen (31, 34) die Lage des Biegewinkelscheitels (S) und die Lage des Schenkelendes (E) bei in dem Biegewerkzeug (6) definiert angeordnetem Biegeteil (12) bestimmbar sind und wobei mittels der Auswerteeinrichtung (36) aus der bestimmten Lage des Biegewinkelscheitels (S) und aus der bestimmten Lage des Schenkelendes (E) die Schenkellänge (b) als Strecke zwischen dem Biegewinkelscheitel (S) und dem Schenkelende (E) bestimmbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Haltevorrichtung vorgesehen ist, mittels derer das Biegeteil (12) bei der Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S) und bei der Bestimmung der Lage des Schenkelendes (E) in dem Biegewerkzeug (6) definiert gehalten ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (31) zur Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S) eine Vorrichtung (9) zur Ermittlung des Biegewinkels ( $\beta$ ) sowie eine Rechneinheit (32) umfasst, die einerseits mit der Vorrichtung (9) zur Ermittlung des Biegewinkels ( $\beta$ ) und andererseits mit der Auswerteeinrichtung (36) in

Verbindung steht und dass mittels der Rechneinheit (32) anhand des ermittelten Biegewinkels ( $\beta$ ) die Lage des Biegewinkelscheitels (S) bestimmbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (31) zur Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S) eine mit der Auswerteeinrichtung (36) in Verbindung stehende Rechneinheit (32) sowie eine Anlage (27, 28) für das Biegeteil (12) umfasst, an welcher das Biegeteil (12) bei der Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S) abgestützt ist und dass mittels der Rechneinheit (32) anhand der Lage der Abstützung des Biegeteils (12) an der Anlage (27, 28) die Lage des Biegewinkelscheitels (S) bestimmbar ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Ermittlung des Biegewinkels ( $\beta$ ) als berührungslos arbeitende, insbesondere als optische Messvorrichtung ausgebildet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (34) zur Bestimmung der Lage des Schenkelendes (E) eine Erfassungseinheit (20, 21) zur

Erfassung der Lage des Schenkelendes (E) sowie eine Rechneinheit (35) umfasst, die einerseits mit der Erfassungseinheit (20, 21) und andererseits mit der Auswerteeinrichtung (36) in Verbindung steht und dass mittels der Rechneinheit (35) anhand der mittels der Erfassungseinheit (20, 21) erfassten Lage des Schenkelendes (E) die Lage des Schenkelendes (E) bestimmbar ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinheit zur Erfassung der Lage des Schenkelendes (E) eine Tasteinrichtung aufweist, die an das Schenkelende (E) anlegbar ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die an das Schenkelende (E) angelegte Tasteinrichtung mit dem Schenkelende (E) bei dessen Bewegung während des Biegevorgangs bewegbar ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Tasteinrichtung von einem Positionieranschlag (17, 18) für das zu biegende Werkstück gebildet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinheit (20, 21) zur Erfassung der Lage des Schenkelendes (E) als berührungslos arbeitende, insbesondere als optische Erfassungseinheit (20, 21) ausgebildet ist.

18. Vorrichtung zum Biegen von Werkstücken, insbesondere von Blechen, mit einem Biegewerkzeug (6), mittels dessen an einem Werkstück wenigstens zwei Schenkel (13, 14) zur Erstellung eines Biegeteils (12) unter einem Biegewinkel ( $\beta$ ) gegeneinander biegebar sind, wobei ein Biegewinkelscheitel (S) im Schnittpunkt geradliniger und den Biegewinkel ( $\beta$ ) einschließender Verlaufsrichtungen (29, 30) der Schenkel (13, 14) des Biegeteils (12) liegt und ein Schenkelende (E) des betreffenden Schenkels (13, 14) diesen an der von dem Biegewinkelscheitel (S) abliegenden Seite begrenzt, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung zur Bestimmung der Schenkellänge (b) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 17 vorgesehen ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass als Haltevorrichtung zur definierten Anordnung des Biegeteils (12) bei der Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels

(S) und/oder bei der Bestimmung der Lage des Schenkelendes (E) das Biegewerkzeug (6) vorgesehen ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage (27, 28), an welcher das Biegeteil (12) bei der Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S) abgestützt ist, von dem Biegewerkzeug (6) ausgebildet ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass als Tasteinrichtung der Erfassungseinheit zur Erfassung der Lage des Schenkelendes (E) ein Positionieranschlag (17, 18) der Biegevorrichtung vorgesehen ist, an welchem das Werkstück vor der Bearbeitung zur Positionierung gegenüber dem Biegewerkzeug (6) anlegbar ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die berührungslose, insbesondere optische Erfassungseinheit (20, 21) zur Erfassung der Lage des Schenkelendes (E) wenigstens teilweise an einem Positionieranschlag (17, 18) der Biegevorrichtung vorgesehen ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Positionieranschlag (17, 18) gesteuert bewegbar ist.



24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (36) zur Bestimmung der Schenkellänge (b) Teil einer Maschinensteuerung (11) ist, in welcher wenigstens ein Sollwert für die Schenkellänge (b) hinterlegt ist und mittels derer ein von der Auswerteeinrichtung (36) bestimmter Schenkellängen-Istwert mit einem Schenkellängen-Sollwert vergleichbar und anhand des Ergebnisses dieses Ist-/Sollwert-Vergleichs wenigstens ein für die Schenkellänge (b) maßgebender Parameter zumindest eines nachfolgenden Biegevorgangs definierbar ist.

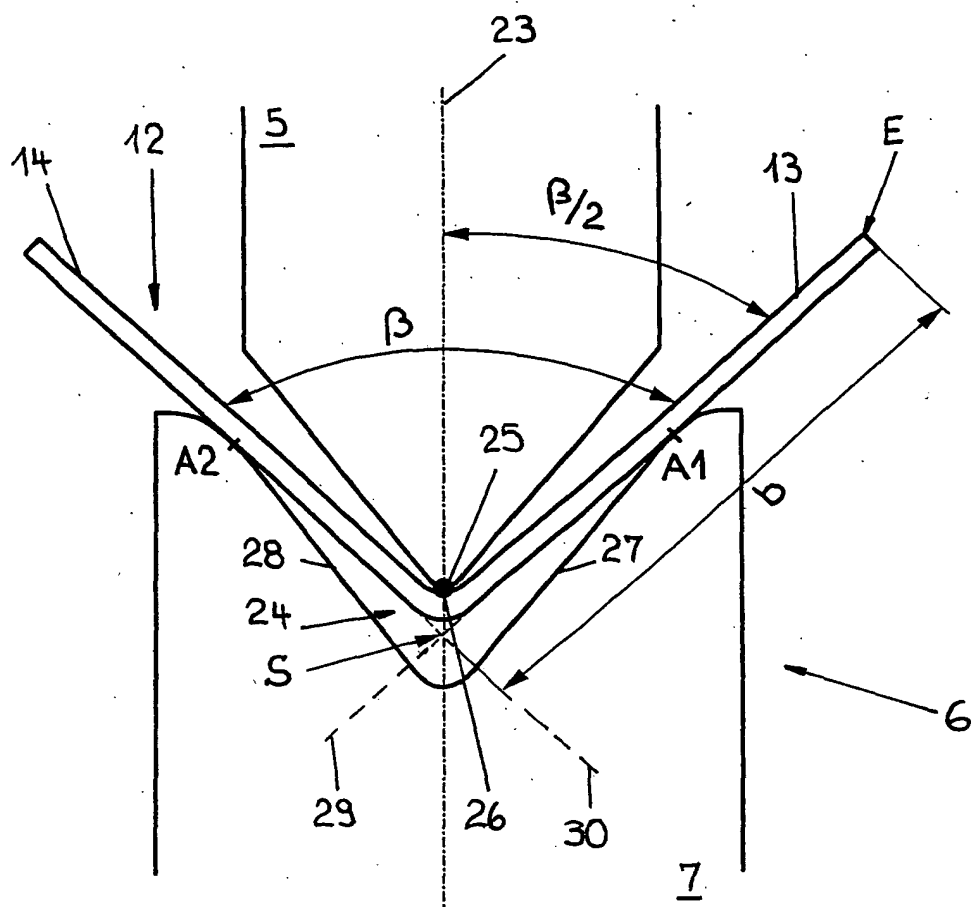
### Zusammenfassung

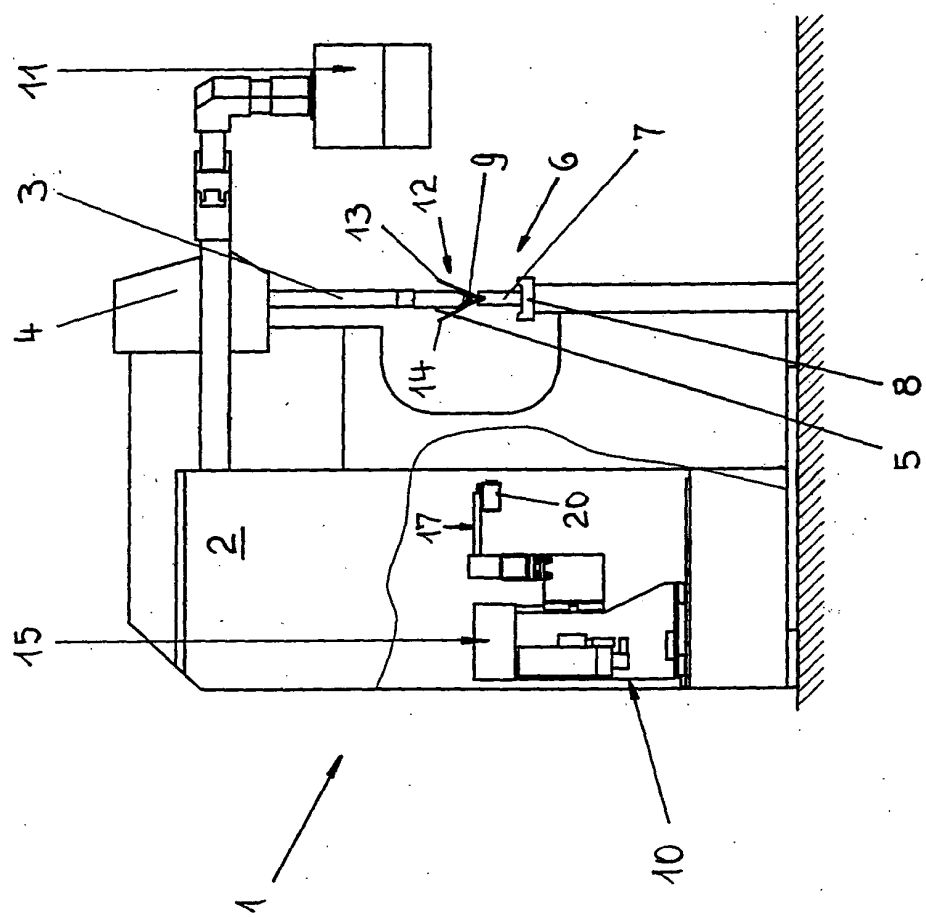
Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Schenkellänge an einem Biegeteil sowie Biegeverfahren und -vorrichtung

Zur Bestimmung der Schenkellänge (b) wenigstens eines von zwei mittels eines Biegewerkzeugs (6) unter einem Biegewinkel ( $\beta$ ) gegeneinander gebogener Schenkel (13, 14) werden unter definierter Anordnung des betreffenden Biegeteils (12) die Lage des Biegewinkelscheitels (S) sowie die Lage des Schenkelendes (E) des zu vermessenden Schenkels (13, 14) bestimmt. Aus der bestimmten Lage des Biegewinkelscheitels (S) und aus der bestimmten Lage des Schenkelendes (E) wird die Schenkellänge (b) als Strecke zwischen dem Biegewinkelscheitel (S) und dem Schenkelende (E) ermittelt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung der vorstehenden Verfahrensschritte umfasst eine Vorrichtung zur Bestimmung der Lage des Biegewinkelscheitels (S), eine Vorrichtung zur Bestimmung der Lage des Schenkelendes (E) sowie eine Auswerteeinrichtung. Mittels der Auswerteeinrichtung wird aus der bestimmten Lage des Biegewinkelscheitels (S) und aus der bestimmten Lage des Schenkelendes (E) die Schenkellänge (b) als Strecke zwischen dem Biegewinkelscheitel (S) und dem Schenkelende (E) bestimmt.

(Figur 3)





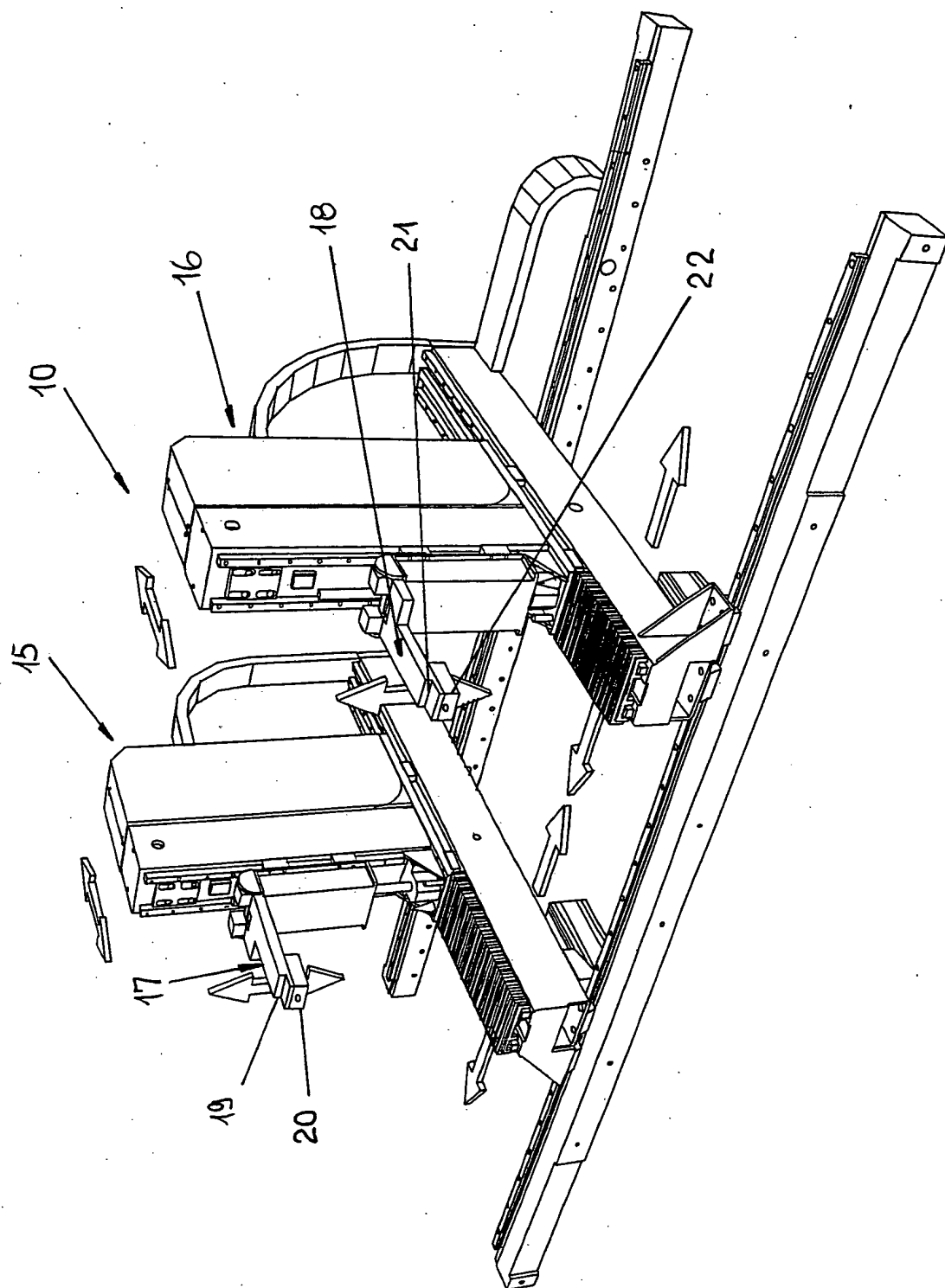


Fig. 2

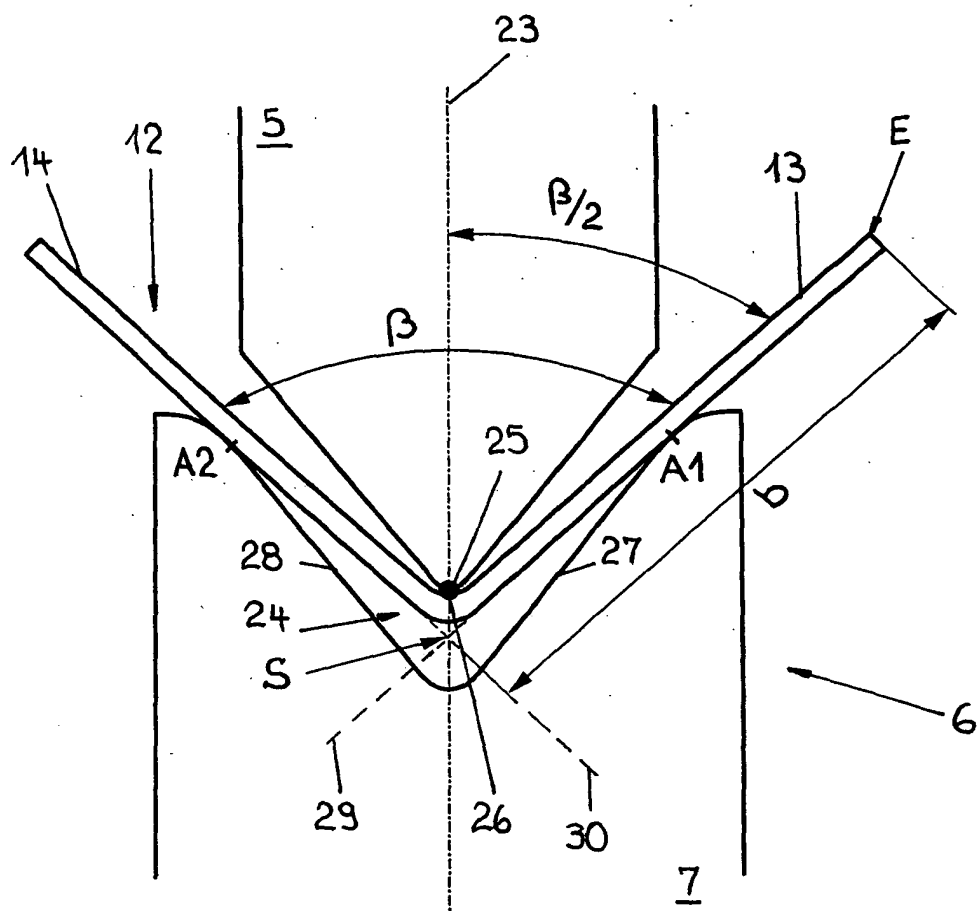
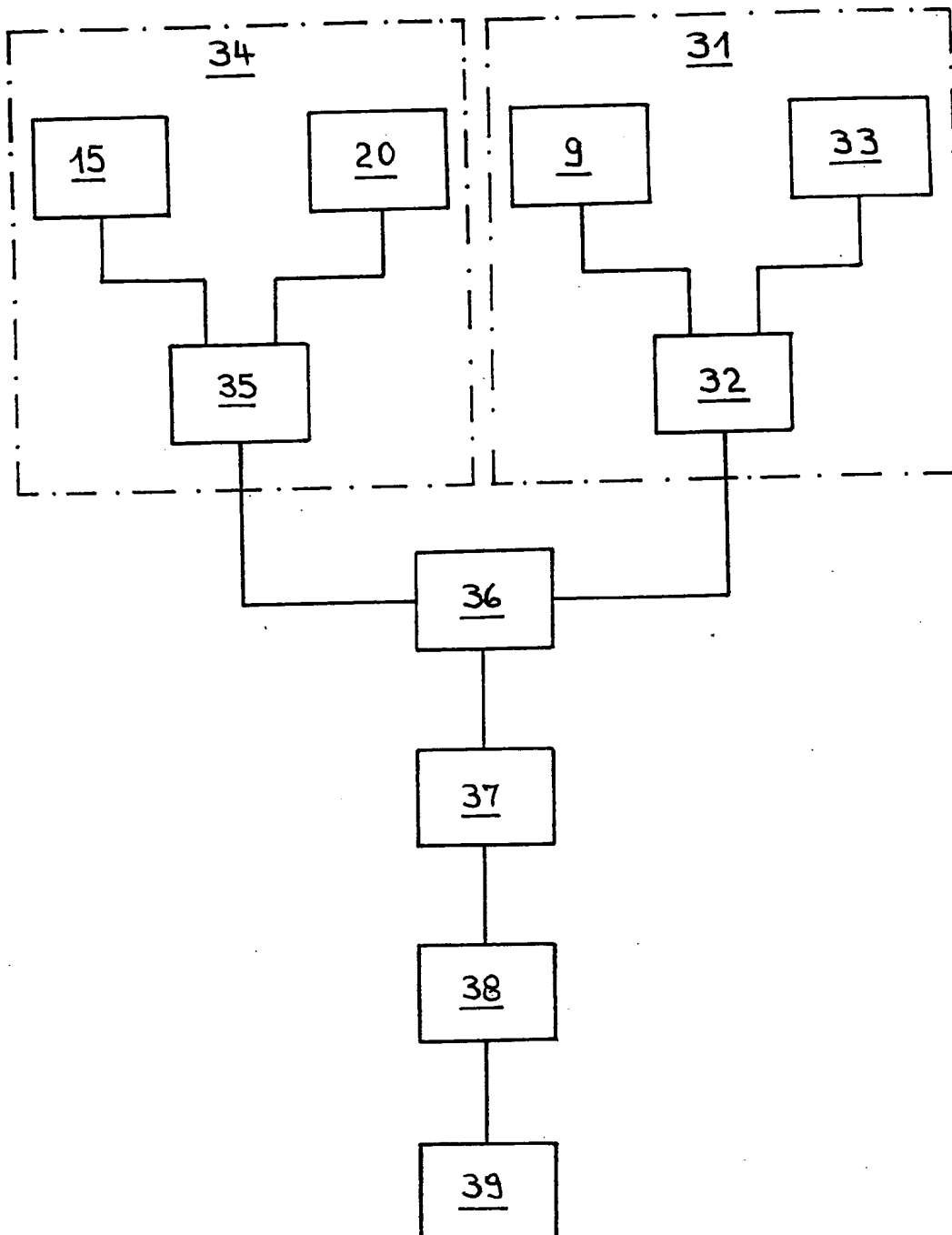


Fig. 3



**Fig. 4**